

РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БИОТИТАХ МУРЗИНСКОГО МАССИВА И ВМЕЩАЮЩИХ ГНЕЙСОВ ПО ДАННЫМ ЛА-ИСП-МС

Прибавкин С.В., Бородина Н.С., Червяковская М.В.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, pribavkin@igg.uran.ru

Мурзинский межформационный гранитный массив пермского возраста расположен в палеоконтинентальной зоне Среднего Урала. Он обладает яркой спецификой строения, условий формирования и металлогении, отличающих его от других разновозрастных гранитных массивов Урала. В его подошве на западе залегают допалеозойские породы мурзинско-адуйского метаморфического комплекса, пронизанные большим количеством гранитных жил южакского комплекса, а в кровле на востоке – силурийско-девонские осадочно-вулканогенные толщи, образованные в процессе закрытия палеоокеанического бассейна. Ранее было установлено геохимическое различие между гранитами южакского комплекса и гранитами Мурзинского массива, выраженные в росте концентрации Rb, Li, Nb, Ta, падении Ba, Sr и K/Rb, Zr/Hf, Nb/Ta отношений [Орогенный..., 1994; Ферштатер, Бородина, 2018; Ферштатер и др., 2019].

Дальнейшим углублением полученных данных о геохимической зональности Мурзинского массива и его обрамления может служить предпринятое нами исследование состава и распределения редких элементов между биотитом – главным темноцветным минералом изученных пород (гнейсов, пара- и ортогнейсов, а также гранитов) и породами в целом как отражение эволюции гранитоидного вещества в процессе метаморфизма, водного анатексиса, кристаллизационной дифференциации.

Измерение микроэлементного состава проводили на ИСП-МС NexION 300S (PerkinElmer) с приставкой для ЛА NWR 213 (ESI), размещенных в помещении класса чистоты ИСО 7 в ЦКП «Геоаналитик» (ИГГ УрО РАН, Екатеринбург). Операционные параметры приставки для ЛА: энергия лазерного излучения – 10.5-11.5 Дж/см², частота повторений импульсов – 10 Гц, диаметр кратера – 25 мкм. Обработку результатов проводили в программе GLITTER V4.4. с использованием внутреннего стандарта SiO₂; внешний стандарт - стандартное стекло NIST SRM 610, измеренное методом «взятия в вилку» через 10-12 измерений.

Биотит является основным концентратором Rb, Cs, Ba, входящих в позицию калия, а также Li, Sc, Zn, Ga, Ti, Nb, V, Cr, Ni, входящих в октаэдрическую позицию магния, железа, алюминия [Rieder et al., 1998].

Таблица 1. Средний химический состав (мас. %) и содержания редких элементов (г/т) в биотите

№ обр.	220	134	93	163	21	26
SiO ₂	37.31	38.72	36.84	37.76	36.92	38.24
TiO ₂	3.71	4.82	4.13	3.84	2.74	2.64
Al ₂ O ₃	20.51	14.50	16.09	16.17	18.50	17.21
FeO	19.47	20.68	24.28	26.83	26.88	26.49
MnO	0.00	0.28	0.30	0.25	0.73	0.68
MgO	8.97	11.21	8.49	5.66	3.82	3.84
CaO	0.00	0.02	0.02	0.26	0.18	0.20
Na ₂ O	0.00	0.04	0.08	0.25	0.49	0.88
K ₂ O	10.04	9.73	9.78	8.97	9.73	9.81
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Fe/(Fe+Mg)	0.54	0.50	0.61	0.72	0.79	0.79
Li	160.2	101.8	96.4	131.7	518.6	1274.4
Rb	473.6	387.1	488.6	834.5	1559.3	1750.3
Cs	9.0	11.5	5.8	9.2	15.0	33.3
Be	0.4	0.2	0.7	0.0	0.8	0.0
Sr	1.1	58.9	99.6	1.9	1.6	0.0
Ba	142.8	1458.2	1030.6	529.6	224.5	215.7
Sc	49.5	12.5	25.1	44.3	55.0	60.5
Y	0.1	0.7	1.8	0.1	0.1	0.0
Zr	3.5	8.1	24.8	0.6	0.9	0.0
Nb	8.6	56.9	38.9	172.0	480.3	402.3
Sn	6.4	5.8	17.8	5.5	98.9	56.5
W	1.31	1.36	0.90	0.95	1.82	1.11
Tl	2.37	2.55	2.89	4.63	10.80	15.53
V	656.4	373.9	368.3	173.9	103.4	97.6
Cr	342.9	167.6	100.5	25.9	32.3	18.3
Mn	185.7	1590.5	1967.0	1766.1	5872.7	5345.4
Co	40.6	61.7	35.6	21.3	16.4	13.9
Ni	97.1	134.6	17.7	18.5	5.9	0.0
Zn	123.8	265.0	466.3	533.8	651.2	836.9
Ga	49.9	27.0	49.3	66.3	109.1	100.8

Примечание. Номера образцов: 220 – гранат-биотитовый парагнейс, 134 – диопсид-роговообманково-биотитовый диорито-гнейс, 93 – биотитовый гранито-гнейс мурзинского метаморфического комплекса, 163 – жильный биотитовый гранит южакского комплекса, 21-22 – биотитовый и биотит-мусковитовый гранит Мурзинского массива.

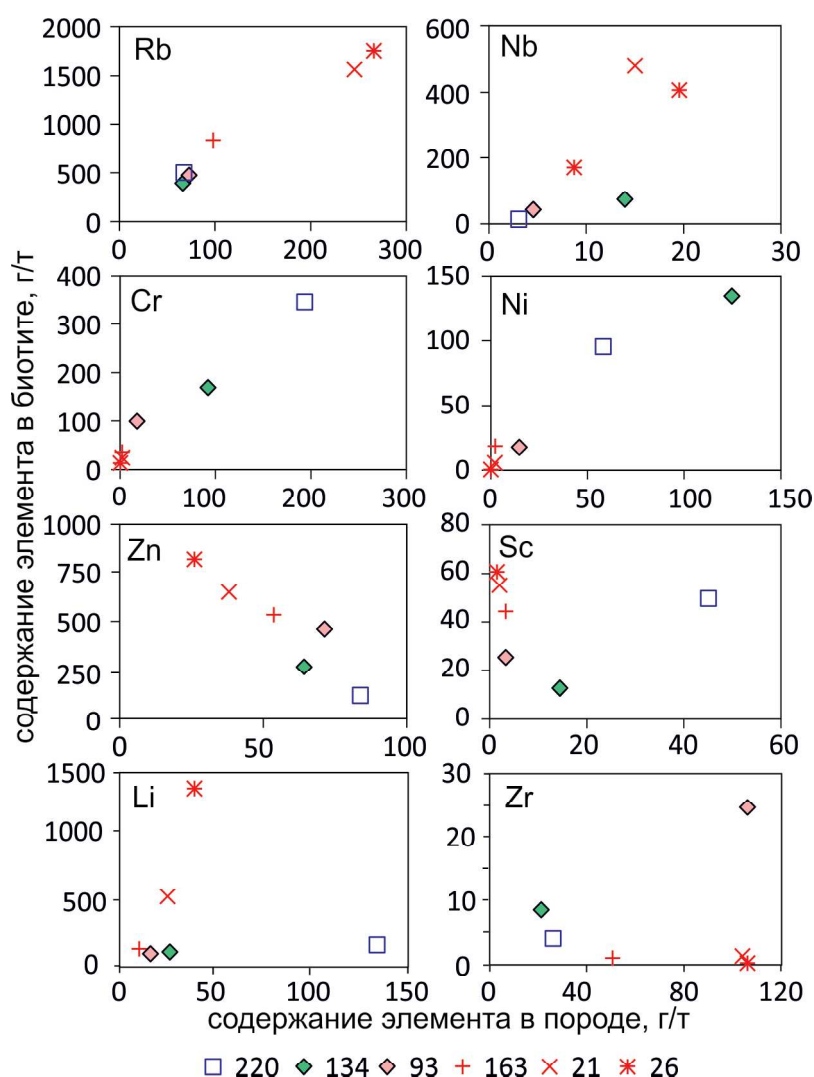


Рис. 1. Распределение элементов между биотитом и породой. Номера образцов соответствуют таблице

В случае отсутствия в породах ильменита и магнетита, биотит может рассматриваться как главный, а для Zn, Ga, Ti, Nb, V, Cr, Ni и единственный концентратор этих элементов, маркирующий их поведение в процессе метаморфизма и гранитообразования.

Выполненные измерения содержаний редких и рассеянных элементов в биотитах (таблица) демонстрируют накопление Li, Rb, Cs, Nb, Ga, Zn, Mn, Sc, Sn, Tl и снижение концентраций V, Cr, Co, Ni, Y, Zr, Ba от биотитов ортогнейсов к биотитам жильных гранитов метаморфического комплекса и гранитам Мурзинского массива. Исключением является лишь биотит парагнейса, имеющий отличное поведение таких элементов как Li, Ba, Sc, Ga, обусловленное первично не магматогенным соотношением элементов в породе.

Отмеченные закономерности изменений концентраций элементов в биотите четко соотносятся с их изменением в породах. Например, рост концентраций Rb, Nb, Ga от диорито-гнейсов к жильным гранитам корневой зоны и далее к гранитам кровли массива положительно коррелирует с их ростом в биотите

(рис. 1). В этом же направлении отмечается снижение в биотите и породах Ba, Cr, Ni, Co. Иным поведением характеризуются такие элементы как Zn и Sc, снижение концентраций которых в породах сопровождается их накоплением в биотите. Этот эффект мы связываем с ростом изоморфной емкости биотита в отношении этих элементов при росте его железистости и активности фтора в процессе флюидно-магматической дифференциации расплавов. Отмеченное поведение элементов в породах гранитного состава коррелирует с уменьшением K/Rb-отношения, что является важным показателем направленности магматического процесса от гранитов корневой зоны массива на западе к его апикальной части на востоке. В случае Zr, Y, Li, Cs, Be корреляционные зависимости слабы или отсутствуют, что можно объяснить появлением других минералов концентраторов этих элементов на заключительном этапе гранитообразования, например, таких как циркон, ксенотим, мусковит, берилл.

Полученные первые данные измерений концентрации редких и рассеянных элементов указывают

на уменьшение содержаний Ti, Mg и рост Rb, Li, Cs, Sc, Sn, Mn, Fe, Zn, Ga в биотите гранитов от пород корневой зоны массива к его кровле, вызванное процессом флюидно-магматической дифференциации гранитного вещества. Данные закономерности полностью отвечают геохимическому профилю массива, подробно рассмотренному в работе [Ферштатер, Бородин, 2018], согласно которой с запада на восток (от корневой зоны массива к его подошве и кровле) в гранитах растут содержания Rb, Li, Nb, Ta. В этом же направлении уменьшаются значения K/Rb, Zr/Hf, Nb/Ta отношений, а также содержания Ba и Sr. Кроме того, рассмотренные геохимические данные поведения главных и рассеянных элементов в составе биотита пород ясно указывают на существование общей геохимической эволюции элементов в процессе метаморфизма, анатексиса и магматической дифференциации.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН, № госрегистрации АААА-А18-118052590029-6 и АААА-А18-118053090045-8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орогенный гранитоидный магматизм Урала (под ред. Г.Б. Ферштатера). Миасс. ИГГ УрО РАН. 1994. 250 с.
2. Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С. Мурзинский массив на Среднем Урале как пример межформационного гранитного плутона: магматические источники, геохимическая зональность, особенности формирования // Литосфера. 2018. Т.18. № 5. С. 672–691.
3. Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Монтеро П., Беа Ф., Бородин Н.С., Вишнякова М.Д., Солошенко Н.Г., Стрелецкая М.В. Возраст и изотопно-геохимические особенности Мурзинско-Адуйского метаморфического комплекса в связи с проблемой формирования Мурзинского межформационного гранитного плутона // Геология и геофизика. 2019. № 3.
4. Rieder M., Cavazzini G., D'Yakonov Y.S. et al. Nomenclature of the micas // Mineralogical Magazine. 1998. V. 63. P. 267–279.